

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-256667

(43)Date of publication of application : 25.09.1998

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

H01L 33/00

(21)Application number : 09-059219

(71)Applicant : ROHM CO LTD

(22)Date of filing : 13.03.1997

(72)Inventor : SHAKUDA YUKIO  
NAKADA SHUNJI  
MATSUMOTO YUKIO

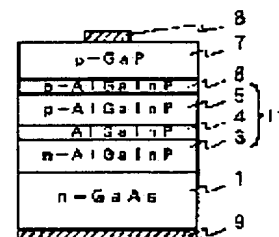
## (54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT

(57)Abstract:

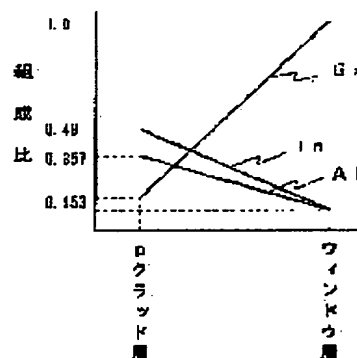
**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a light emitting element excellent in electric characteristics with a high light emission efficiency without degrading film quality of a window layer, relating to a semiconductor light emitting element wherein a light emitting element is formed of an AlGaInP based compound semiconductor, with GaP used as a window layer.

**SOLUTION:** The semiconductor light emitting element comprises a substrate 1, a light emitting layer formation part 11 wherein, comprising AlGaInP based compound semiconductor, an n-type layer and a p-type layer are laminated to form a light emitting layer on the substrate 1, and a window layer 7 of GaP provided on the surface side of the light emitting layer formation part 11. Between the light emitting layer formation part 11 and the window layer 7, a buffer layer 6 of AlGaInP based compound semiconductor which relaxes the lattice strain between them is inserted.

(a)



(b)



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.04.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-256667

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月25日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

B

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-59219

(22) 出願日 平成9年(1997) 3月13日

(71) 出願人 000116024

ローム株式会社

京都府京都市右京区西院清崎町21番地

(72) 発明者 尺田 幸男

京都市右京区西院清崎町21番地 ローム株式会社内

(72) 発明者 中田 俊次

京都市右京区西院清崎町21番地 ローム株式会社内

(72) 発明者 松本 幸生

京都市右京区西院清崎町21番地 ローム株式会社内

(74) 代理人 弁理士 河村 洸

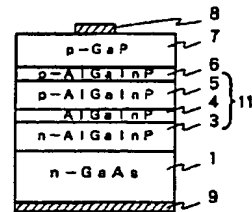
(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【要約】

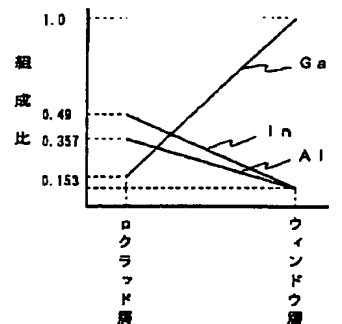
【課題】 AlGaInP系化合物半導体により発光層が形成され、ウインドウ層としてGaPが用いられる半導体発光素子において、ウインドウ層の膜質を低下させないで、発光効率が高く電気特性の優れた発光素子を提供する。

【解決手段】 基板1と、該基板上にAlGaInP系化合物半導体からなりn形層およびp形層が積層され発光層を形成する発光層形成部11と、該発光層形成部の表面側に設けられるGaPからなるウインドウ層7とを備える半導体発光素子であって、前記発光層形成部と前記ウインドウ層との間に該発光層形成部とウインドウ層との格子歪を緩和するAlGaInP系化合物半導体からなるバッファ層6が介在されている。

(a)



(b)



- 1 基板  
3 n形クラッド層  
4 活性層  
5 p形クラッド層  
6 バッファ層  
7 ウインドウ層  
11 発光層形成部

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、該基板上にAlGaInP系化合物半導体からなりn形層およびp形層が積層され発光層を形成する発光層形成部と、該発光層形成部の表面側に設けられるGaPからなるウインドウ層とを備える半導体発光素子であって、前記発光層形成部と前記ウインドウ層との間に該発光層形成部とウインドウ層との格子歪を緩和する $(Al_xGa_{1-x})_{1-z}In_zP$  ( $0 \leq x \leq 1, 0 \leq z \leq 0.5$ ) 化合物半導体からなるバッファ層が介在されてなる半導体発光素子。

【請求項2】 前記 $(Al_xGa_{1-x})_{1-z}In_zP$ 化合物半導体からなるバッファ層が、前記発光層形成部側で該発光層形成部の最上層の組成であり、前記ウインドウ層側でGaP層となるように前記 $(Al_xGa_{1-x})_{1-z}In_zP$ 化合物半導体の組成が順次変化する層である請求項1記載の半導体発光素子。

【請求項3】 前記発光層形成部が、AlGaInP系化合物半導体からなる第1導電形クラッド層と、該クラッド層よりバンドギャップエネルギーが小さい組成のAlGaInP系化合物半導体からなる活性層と、前記第1導電形クラッド層と同じ組成の第2導電形クラッド層とからなる請求項1または2記載の半導体発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はAlGaInP系の化合物半導体材料を用いる可視光の発光素子に関する。さらに詳しくは、半導体結晶層の膜質をよくして発光効率などの電気特性を向上させる半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の可視光の半導体発光素子は、たとえば発光層形成部にAlGaInP系の化合物半導体材料を用い、図3に示されるような構造になっている。すなわち、図3において、n形のGaAsからなる半導体基板21上に、たとえばp形のAlGaInP系の半導体材料からなるn形クラッド層22、クラッド層よりバンドギャップエネルギーが小さくなる組成のノンドープのAlGaInP系の半導体材料からなる活性層23、p形のAlGaInP系の半導体材料からなるp形クラッド層24がそれぞれエピタキシャル成長され、ダブルヘテロ接合構造の発光層形成部29が形成されている。さらにその表面にGaPからなるp形のウインドウ層（電流拡散層）25が順次エピタキシャル成長され、その表面にp側電極27、半導体基板21の裏面側にn側電極28がそれぞれAu-Zn-Ni合金やAu-Ge-Ni合金などにより形成されることにより構成されている。この構造の発光素子では、積層された半導体層の表面側、すなわちp側電極27側からの光が利用され、光を遮断するp側電極27はできるだけ小さい面積で形成される。一方、両クラッド層22、24により挟まれた

活性層23にキャリアを閉じ込めることにより発光させるため、電流は発光層の全体に分散して流れることが望ましい。そのため、電流がチップの全体に広がるように、ウインドウ層25が設けられている。このウインドウ層25は、電流を拡散すると共に、活性層23で発光する光を吸収しないことが望ましく、バンドギャップエネルギーの大きい材料であるGaPが用いられている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 従来の図3に示される構造の半導体発光素子では、GaAs基板とAlGaInP系化合物半導体（格子定数は $5.653 \text{ \AA}$ ）との格子整合は（AlGa）とInとの混晶比率により行われているが、AlGaInP系化合物半導体とGaP（格子定数は $5.451 \text{ \AA}$ ）との格子整合はとれていない。そのため、GaPからなるウインドウ層の膜質が低下し、電気抵抗が増加して動作電圧が高くなったり、電流の拡散が充分に行われなくて、発光効率が低下するなどの電気特性が低下するという問題がある。

【0004】 本発明は、このような問題を解決するためになされたもので、AlGaInP系化合物半導体により発光層が形成され、ウインドウ層としてGaPが用いられる半導体発光素子において、ウインドウ層の膜質を低下させないで、発光効率が高く電気特性の優れた発光素子を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明による半導体発光素子は、基板と、該基板上にAlGaInP系化合物半導体からなりn形層およびp形層が積層され発光層を形成する発光層形成部と、該発光層形成部の表面側に設けられるGaPからなるウインドウ層とを備える半導体発光素子であって、前記発光層形成部と前記ウインドウ層との間に該発光層形成部とウインドウ層との格子歪を緩和する $(Al_xGa_{1-x})_{1-z}In_zP$  ( $0 \leq x \leq 1, 0 \leq z \leq 0.5$ ) 化合物半導体からなるバッファ層が介在されている。

【0006】 ここにAlGaInP系化合物半導体とは、 $(Al_xGa_{1-x})_{0.51}In_{0.49}P$ の形で表され、xの値が0と1との間で種々の値のときの材料を意味する。なお、 $(Al_xGa_{1-x})$ とInの混晶比率の0.51および0.49はAlGaInP系化合物半導体が積層されるGaAsなどの半導体基板と格子整合される比率であることを意味する。

【0007】  $(Al_xGa_{1-x})_{1-z}In_zP$ 化合物半導体からなるバッファ層が発光層形成部とウインドウ層との間に挿入されることにより、その組成を順次変化させることができ、発光層形成部とウインドウ層との間で格子定数が徐々に変化する半導体層とすることができ、その結果、発光層形成部とウインドウ層との間の格子定数の差による界面の歪が緩和されるため、ウインドウ層の膜質が向上し、発光素子としての電気的特性が向上

する。

【0008】前記 $(Al_x Ga_{1-x})_{1-z} In_z P$ 化合物半導体からなるバッファ層が、前記発光層形成部側で該発光層形成部の最上層の組成であり、前記ウインドウ層側でGaP層となるように前記 $(Al_x Ga_{1-x})_{1-z} In_z P$ 化合物半導体の組成が順次変化する層とすることにより、発光層とウインドウ層との間に格子定数の差に基づく歪が生成されない。この場合、組成が順次変化する層は、連続的に組成が変化してもよく、階段状に小刻みに変化してもよい。

【0009】前記発光層形成部は、たとえばAlGaInP系化合物半導体からなる第1導電形クラッド層と、該クラッド層よりバンドギャップエネルギーが小さい組成のAlGaInP系化合物半導体からなる活性層と、前記第1導電形クラッド層と同じ組成の第2導電形クラッド層とから形成される。

【0010】

【発明の実施の形態】つきに、図面を参照しながら本発明の半導体発光素子について説明をする。

【0011】本発明の半導体発光素子は、図1(a)にその一例の断面構造が示されるように、n形のGaAs基板1上にAlGaInP系化合物半導体からなり発光層を形成する発光層形成部11が堆積され、その表面に発光層形成部11とウインドウ層7との界面の格子歪を緩和する $(Al_x Ga_{1-x})_{1-z} In_z P$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 0.5$ )化合物半導体からなるバッファ層6を介してGaPからなるp形のウインドウ層7が設けられ、その表面にp側電極8が形成されてGaAs基板1の裏面にn側電極9が設けられることにより発光素子チップが形成されている。すなわち、本発明では格子定数の異なるAlGaInP系化合物半導体層とGaP層との間に $(Al_x Ga_{1-x})_{1-z} In_z P$ 化合物半導体からなるバッファ層6を介在させることにより、両者間の格子定数の差に基づく格子歪を緩和させている。この $(Al_x Ga_{1-x})_{1-z} In_z P$ 化合物半導体からなるバッファ層6は、その組成を変化させることにより、発光層形成部11の最表面の組成からGaPの組成に順次変化させることができ、両者間の格子定数の変化も徐々に変化して格子歪を緩和することができる。

【0012】このバッファ層6は、発光層形成部11側では、発光層形成部11の最上層であるp形クラッド層5と同じ組成の、たとえば $(Al_{0.7} Ga_{0.3})_{0.51} In_{0.49} P$ からウインドウ層7のGaPになるように順次組成が変化している。すなわち、たとえば図1(b)に発光層形成部11側からウインドウ層7側への各組成の変化が示されるように、Inの組成は0.49から0に、Alの組成は0.357 ( $=0.7 \times 0.51$ )から0に変化しており、一方、Gaの組成は0.153 ( $=0.3 \times 0.51$ )から1.0に変化している。このバッファ層6の全体の厚さは、200Å~1μm程度の

厚さ設けられることにより充分に組成を変化させることができる。このような組成の変化は、各半導体層をMOCVD法(有機化学気相成長法)により成長する場合は、Inの反応ガスのトリメチルインジウム(以下、TMInという)、およびAlの反応ガスであるトリメチルアルミニウム(以下、TMAという)の流量をそれぞれ徐々に減らして最後に0にすると共に、ガリウムの反応ガスのトリエチルガリウム(以下、TEGという)またはトリメチルガリウム(以下、TMGという)を徐々に増やすことにより得られる。

【0013】図1(b)に示される組成の変化は、連続的な変化であるが、図2に示されるように、小刻みに階段状に変化させてもよい。各々の層が20~500Å程度以下と薄い層であれば、歪の蓄積は生ぜず、また徐々に組成が変化しているためその格子定数の差も小さいため、連続的に変化させるのと同等変わらないからである。

【0014】発光層形成部11は、AlGaInP系化合物半導体からなり、キャリア濃度が $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度で、厚さが0.1~2μm程度のn形クラッド層3と、ノンドープでクラッド層よりバンドギャップエネルギーが小さくなる組成のAlGaInP系化合物半導体からなり、0.1~2μm程度の厚さの活性層4と、Znがドーピングされてキャリア濃度が $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度、厚さが0.1~2μm程度で、n形クラッド層3と同じ組成のAlGaInP系化合物半導体からなるp形クラッド層5との積層構造からなっている。なお、GaAs基板1上に図示しないバッファ層を介してこれらの発光層形成部11が積層される場合もある。その場合、バッファ層は、n形のGaAsからなり、厚さが0.1~2μm程度でキャリア濃度が $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度に形成される。

【0015】前述のバッファ層6の表面には、そのバッファ層6の最後の組成であるGaPからなるウインドウ層7が1~20μm程度形成され、そのウインドウ層7の表面にAu-Ti合金、またはAu-Zn-Ni合金などからなるp側電極8が、またGaAs基板1の裏面にAu-Ge-Ni合金などからなるn側電極9が設けられている。なお、ウインドウ層7とp側電極8との間にZnが $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度のキャリア濃度になるようにドーピングされたGaAsからなるコンタクト層(図示せず)が0.05~0.2μm程度設けられる場合もある。

【0016】このような半導体発光素子を製造するには、たとえばn形のGaAs基板1をMOCVD装置内に入れ、反応ガスのTEGまたはTMGおよびアルシン(以下、AsH<sub>3</sub>という)、SeのドーパントガスであるH<sub>2</sub>Seをキャリアガスの水素(H<sub>2</sub>)と共に導入し、500~800℃程度でエピタキシャル成長し、キャリア濃度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度になるようにSeが

ドーパされたn形のGaAsからなるバッファ層（図示せず）を0.1μm程度成膜する。ついで、AsH<sub>3</sub>に代えてホスフィン（PH<sub>3</sub>）を、さらにTMAとTMInを導入し、n形でキャリア濃度が $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度のたとえば（Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>）<sub>0.51</sub>In<sub>0.49</sub>Pからなるn形クラッド層3を0.5μm程度、反応ガスのTMAを減らしてTEGまたはTMGを増やし、たとえばノンドープの（Al<sub>0.25</sub>Ga<sub>0.75</sub>）<sub>0.51</sub>In<sub>0.49</sub>Pからなる活性層4を0.5μm程度、n形クラッド層3と同様の反応ガスで、H<sub>2</sub>Seの代わりに、Znのドーパントガスとしてのジメチル亜鉛（DMZn）を導入してキャリア濃度が $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の（Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>）<sub>0.51</sub>In<sub>0.49</sub>Pからなるp形クラッド層5を0.5μm程度エピタキシャル成長する。

【0017】さらに、TMAおよびTMInの流量を最後に0となるように徐々に減らすと共に、TEGまたはTMGの流量を徐々に増やすことにより、AlとInの組成が徐々に減って0となり、最後の組成がGaPとなるバッファ層6を0.1~2μm程度エピタキシャル成長する。そしてその組成のままでGaPの成長を続け、キャリア濃度が $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度のウインドウ層7を0.1~20μm程度形成する。さらに、必要に応じて、ウインドウ層7の表面にTEGまたはTMGとAsH<sub>3</sub>、およびDMZnを導入することにより、キャリア濃度が $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度のGaAsからなるコンタクト層（図示せず）を0.05~0.2μm程度成膜する。

【0018】このようにエピタキシャル成長された基板の上面および裏面側に、Au-Ti合金、またはAu-Zn-Ni合金などからなる上部電極（p側電極）8およびAu-Ge-Ni合金などからなる下部電極（n側電極）9を形成し、ダイシングしてチップ化する。

【0019】本発明によれば、AlGaInP系化合物半導体からなる発光層形成部上にGaPからなるウインドウ層が設けられる半導体発光素子において、その間に（Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>）<sub>0.51</sub>In<sub>0.49</sub>P化合物半導体からなるバッファ層6が設けられている。この（Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>）<sub>0.51</sub>In<sub>0.49</sub>P化合物半導体はその混晶比率を容易に徐々に変化させることができる。そのため、たとえば発光層形成部の最上層の組成の（Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>）<sub>0.51</sub>In<sub>0.49</sub>PからGaPに順次変化させることができる。その結果、格子定数の異なる両層間にその間で徐々

に格子定数が増加する層が介在されることになり、格子定数が大きく異なる層が隣接しない。そのため、半導体層間の界面で歪が発生することがない。一方、このバッファ層6は、p形クラッド層5の材料からウインドウ層7の材料に徐々に変化するもので、GaPのバンドギャップが大きく光の吸収が殆ど生じない性質が徐々に強くなり、光の吸収やキャリア濃度の低下を殆ど生じさせない。

【0020】なお、前述の例では、活性層4を両クラッド層3、5により挟持し、活性層4と両クラッド層3、5の材料、たとえばAlの混晶比を異ならせ、活性層にキャリアや光を閉じ込めやすくして活性層4を発光層とするダブルヘテロ接合構造であるが、活性層4を介さないでpn接合が形成され、pn接合部に発光層を形成する構造のもでもよい。

【0021】さらに、前述の例では、半導体発光素子を構成する各半導体層として、具体的な半導体材料を用い、その厚さやキャリア濃度が特定の例で示されているところがあるが、これらの例には限定されない。

【0022】

【発明の効果】本発明によれば、発光層形成部と、ウインドウ層との格子定数の不整合に基づく内部歪が発生しない。そのため、AlGaInP系化合物半導体からなる発光層形成部の表面にバンドギャップエネルギーの大きいGaPからなるウインドウ層を設けることができ、光を殆ど吸収しないで電流を十分に拡散させることができる。その結果、高い発光効率で高輝度の半導体発光素子が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体発光素子の一実施形態の断面構造を示す図である。

【図2】本発明の半導体発光素子のバッファ層の他の例の組成変化を示す図である。

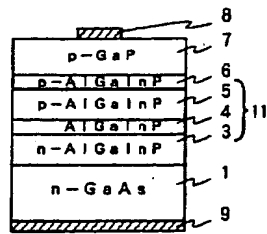
【図3】従来の半導体発光素子の断面構造を示す図である。

【符号の説明】

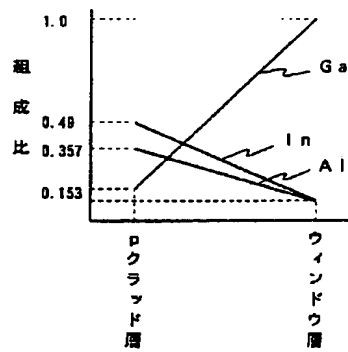
- 1 基板
- 3 n形クラッド層
- 4 活性層
- 5 p形クラッド層
- 6 バッファ層
- 7 ウインドウ層
- 11 発光層形成部

【図1】

(a)

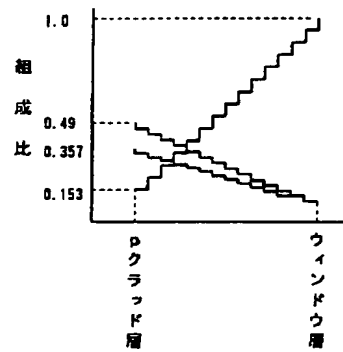


(b)



- |           |           |
|-----------|-----------|
| 1 基板      | 6 バッファ層   |
| 3 n形クラッド層 | 7 ウィンドウ層  |
| 4 活性層     | 11 発光層形成部 |
| 5 p形クラッド層 |           |

【図2】



【図3】

